

CLAIMS

1. A device for automatically monitoring and controlling the process of cutting on benches with numerical program control, comprised of a processor connected by data exchange channels with a memory and bench connector and hooked up via inputs to an analog-digital converter, a bench organ feed and primary motion drive, and also a composite cutting force meter, incorporating a radial and tangential composite cutting force sensor, characterized in that, in order to expand the functional capabilities by forming control signals taking into account the deployment of the spindle node and parameters for correcting and increasing the accuracy of vibration measurements in the cutting zone, it incorporates a monitor, along with composite cutting force and spindle vibration amplitude converters, and a spindle deployment sensor, wherein the first input group "Job" of the controller is connected with the bench linking outputs, while the second "Current status" input group of the controller is connected with the spindle vibration amplitude and composite cutting force converter outputs, respectively, the rist controller output is connected with the feed drive, while the second is connected with the bench linking input, the first vibration amplitude and composite cutting force converter inputs are connected with the composite cutting force meter outputs, the second and third of these inputs are interconnected respectively, while the third of these inputs are connected with the bench connector, the spindle deployment sensor output is connected with the first analog-digital converter input and second inputs of the amplitude vibration and composite cutting force converter, in addition to which the "Current status" controller inputs are connected with the second inputs

of the analog-digital converter, while the primary motion drive is connected with the bench connecter.



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

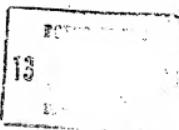
(19) SU (11) 1231485

A1

(SD 4 G 05 B 19/18

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



(21) 3787225/24-24

(22) 04.09.84

(46) 15.05.86. Бюл. № 18

(71) Особое конструкторское бюро
станкостроения

(72) А.Э. Баркан, К.И. Палк

и Л.К. Ушакова

(53) 621.503.55(088.8)

(56) Патент США № 3819916,
кл. В 23 Q 11/00, 1974.

Авторское свидетельство СССР
№ 709325, кл. В 23 Q 15/00, 1977.

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО
КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ РЕ-
ЗАНИЯ НА СТАНКАХ С ЧПУ

(57) Изобретение относится к области
машиностроения и позволяет расширить
функциональные возможности путем фор-
мирования управляющих сигналов с учетом
величин выдвижения шпиндельного
узла и параметров оправки и повысить
точность измерения вибраций в зоне
резания. В соответствии с параметра-
ми выбранного инструмента и сигналом
датчика выдвижения шпинделя процес-
сор с учетом данных блока памяти че-
рез блок связи со станком формирует
сигналы на входы блока преобразова-
ния амплитуды вибраций и блока преоб-
разования составляющих сил резания.
Выдаются сигналы, пропорциональные
амплитуде вибрации А шпиндельного
узла и величине крутящего момента М
на валу шпинделя. В блоке контроля

сигналы сравниваются с предельно до-
пустимыми значениями A_o , M_o .
При превышении амплитудной вибрации
А шпиндельного узла в зоне резания
или крутящим моментом М на валу шпин-
деля или скоростью нарастания М
крутящего момента соответствующих
предельных величин блок контроля
осуществляет аварийное торможение
привода подачи. Если сигнал с блока
контроля через блок связи поступает
в процессор в течение заданного про-
межутка времени, то процессор через
блок связи со станком выдает сигнал
на второй вход "Задание" блока конт-
роля на вывод инструмента из заго-
товки, не допуская тем самым ухудше-
ния качества обрабатываемого изделия.
При резании, если амплитуда вибраций
А шпиндельного узла в зоне резания,
величина крутящего момента М на шпин-
деле и скорость нарастания крутяще-
го момента М меньше соответствующих
предельно допустимых величин A_o , M_o ,
 M_o , то информация об амплитуде вибра-
ций А и величине крутящего момента
поступает в процессор, где она срав-
нивается с оптимальными значениями,
хранящимися в блоке памяти, и осущес-
твляется изменение управляющих сиг-
налов, поступающих на входы приводов
и через блок связи со станком с целью
оптимизации процесса резания. З э.п.
ф-лы, 4 ил., 1 табл.

(19) SU (11) 1231485
A1

Изобретение относится к машиностроению и может использоваться при управлении процессами черновой и полуточевой обработки на фрезерно-расчеточных станках с ЧПУ типа CNC.

Цель изобретения - расширение функциональных возможностей устройства путем формирования управляющих сигналов с учетом величины вывихивания шпиндельного устройства и параметров оправки и повышения точности измерений вибраций в зоне резания.

На фиг. 1 приведена функциональная схема устройства для автоматического контроля и управления процессом резания на станках с ЧПУ, на фиг. 2 - то же, с раскрытием исполнения отдельных блоков; на фиг. 3 - принципиальная схема логического элемента; на фиг. 4 - временные диаграммы работы блока преобразования вибраций шпинделя.

Устройство для автоматического контроля и управления процессом резания на станках с ЧПУ содержит стандарное устройство ЧПУ 1, включающее в себя процессор 2, блок 3 памяти, блок 4 связи со станком, аналого-цифровой преобразователь 5.

Устройство для автоматического контроля и управления процессом резания на станках с ЧПУ содержит также блок 6 контроля, привод 7 подачи, привод 8 главного движения, объект 9 контроля и управления, блок 10 измерения составляющих сил резания, блок 11 преобразования составляющих сил резания, блок 12 преобразования амплитуды вибрации, датчик 13 вывихивания шпинделя. Блок 6 контроля содержит логический элемент 14, элементы сравнения 15 - 17, выпрямители 18 - 20, диодные ограничители 21 - 23, элемент ИЛИ 24, узел дифференцирования 25. Блок 11 преобразования составляющих сил резания состоит из фильтра 26 низких частот и усилителя 27 с регулируемым коэффициентом усиления.

Блок 12 преобразования амплитуды вибраций включает в себя управляемый полосовой фильтр 28, усилитель 29 с регулируемым коэффициентом усиления, детектор 30, первый фильтр 31 низких частот, узел 32 выделения переменной составляющей сигнала, узел 33 дифференцирования, первый компаратор 34 нулевого уровня, первый выпрямитель

5 митель 35, первый диодный ограничитель 36, первый формирователь 37, первый элемент И 38, второй компаратор 39 нулевого уровня, второй выпрямитель 40, второй диодный ограничитель 41, второй формирователь 42, RS-триггер 43, третий компаратор 44, третий выпрямитель 45, третий диодный ограничитель 46, второй элемент И 47, третий формирователь 48, амплитудный детектор 49, второй фильтр низких частот 50, узел выборки-хранения 51.

Логический элемент 14 содержит операционные усилители 52 и 53, первый коммутационный элемент 54₁ с контактами 54₂ и 54₃, второй коммутационный элемент 55₁ с контактом 55₂, резисторы 56 - 61.

На фиг. 2 показано предельно допустимые и текущая амплитуда вибраций A_0 и A , предельно допустимый и текущий крутящий моменты M_0 и M на шпинделе, предельно допустимое и текущее значения скорости нарастания крутящего момента M_0 и M на шпинделе.

На фиг. 4 следующим образом обозначены сигналы на выходе 1: а - блока 10; б - фильтра 28; в - детектора 30; г - фильтра 31; д - узла 32; е - узла 33; ж - ограничителя 36; з - формирователя 37; и - ограничителя 41; к т формирователя 42; л - ограничителя 46; м - элемента 47; н - формирователя 48; о - триггера 43; п - элемента 38; р - детектора 49; с - фильтра 50; т - узла 51.

В качестве устройства ЧПУ используется устройство 2С42.

Процессор 2 и блок 3 памяти являются блоками ЭВМ "Электроника-60", входящими в состав 2С42.

Блок 4 - блок "Интерфейс связи со станком"; АЦП - АЦП адаптивного управления; каналы обмена информацией

45 процессора 2 с блоками 3, 4 и 5 - внутренние каналы устройства 2С42.

Блок 10 измерения составляющих сил резания включает в себя датчики радиальной и тангенциальной составляющих сил резания, размещенные на соответствующих органах станка.

На соответствующих органах объекта 9 контроля и управления металлорежущего станка, а именно в карманах гидростатического подшипника, размещены датчики радиальной составляющей силы резания. В качестве датчиков ра-

диальной составляющей силы резания могут быть использованы индуктивные датчики давления ДД-10, встроенные в карманы гидростатического подшипника или выбродатчики Д-13, расположенные на втулке, надетой на внешнее кольцо переднего подшипника шпиндельного узла, ориентированные в радиальном направлении. Датчиком тангенциальной составляющей силы резания на фрезерно-расточных станках может служить датчик крутящего момента, выполненный с учетом радиуса инструмента.

Блок 10 также содержит генератор синусоидального напряжения для питания индуктивных датчиков давления ДД-10 и предварительные усилители сигналов датчиков.

Первый выход блока 10 (выход второго предварительного усилителя) - тангенциальная составляющая - подключен к первому входу блока 11 преобразования составляющих сил резания.

Второй выход блока 10 (выход одного из предварительных усилителей) - радиальная составляющая, подключен к первому входу блока 12 преобразования вибраций шпинделя.

Датчик 13 выдвижения шпинделя установлен таким образом, что отдельные его элементы в соответствии с их функциональным назначением размещены на подвижном и неподвижном органах стакна.

В качестве датчика выдвижения шпинделя может быть использован любой циклический датчик совместно с преобразователем (например индуктосин, сельсин, вращающийся трансформатор).

Блок 12 преобразования вибраций шпинделя является блоком выделения и преобразования сигналов, пропорциональных амплитуде вибраций шпинделя.

Логический элемент 14 блока 6 при 45 нулевых сигналах на его входах II и III имеет коэффициент передачи, равный единице. При появлении сигнала "Единица" на входе II коэффициент передачи логического элемента 14 становится равным (-1).

Полосовой фильтр 28 блока 12, управляемый напряжением, обеспечивает выделение сигнала на частоте, близкой к собственной частоте шпиндельного 55 устройства. Частота пропускания полосового фильтра определяется управляющим напряжением.

Устройство работает следующим образом.

Перед началом заданной технологической операции сигналы соответствующих предельно допустимых величин из блока памяти 3 процессором 2 через блок 4 связи со стакном подаются на первые входы соответствующих элементов 15 - 17 блока 6.

По врезанию амплитуда вибраций А незначительна и намного меньше предельно допустимой величины A_c , задаваемой в блоке 3 памяти ЧПУ и поступающей через процессор 2 на выход блока 4. Крутящий момент M на шпинделе и скорость нарастания крутящего момента M' намного меньше предельно допустимых соответствующих величин M_o и M'_o .

Значения предельно допустимых величин A_c , M_o и M'_o , для данной технологической операции хранятся в блоке 3 памяти.

По заданной управляющей технологической программе осуществляется выбор инструмента из инструментального магазина станка типа "обрабатываемый центр". Параметры инструмента хранятся в блоке 3 памяти.

В соответствии с параметрами выбранного инструмента и сигналом датчика 12 выдвижения шпинделя процессор 2, с учетом данных блока 3 памяти через блок 4 связи со стакном, формирует сигналы на входы III фильтра 28 и усилителя 29 блока 12 и усилителя 27 блока 11 (фиг. 2).

Сигнал (фиг. 4а) с датчика радиальной составляющей силы резания блока 10 поступает на полосовой управляемый фильтр 28 блока 12. Параметры этого фильтра изменяются при выдвижении шпинделя или при замене оправки. Фильтр 28 таким образом настраивается на собственную частоту изгибных колебаний шпиндельного узла. После фильтра сигнал (фиг. 4б) поступает на усилитель 29, где осуществляется масштабирование сигнала в соответствии с параметрами шпиндельного узла и резцовой оправки (жесткостью и демпфированием).

На фиг. 4с приведена диаграмма формирования сигнала на выходе блока 12, пропорционального максимальной амплитуде вибраций шпиндельного узла.

Ближайшими элементами блока 12 являются амплитудный (пиковый) детек-

тор 49 и узел 51 выборки-хранения. Амплитудный детектор 49 предназначен для запоминания экстремальных значений входного сигнала (фиг. 48). При возрастании входного напряжения (ход 1, фиг. 48) оно отслеживается выходным напряжением (фиг. 49), а при уменьшении входного сигнала амплитудный детектор переходит в режим хранения и запоминает предыдущее максимальное значение входного напряжения. Это напряжение удерживается на выходе детектора (фиг. 49) или до появления большего сигнала на входе 1 (фиг. 45), или до команды сброса в исходное состояние (ход II, фиг. 4n).

Узел выборки-хранения в режиме выборки (при наличии сигнала на входе II, фиг. 4k) повторяет входной сигнал 1 (фиг. 4c) на выходе (фиг. 4t), а затем по команде (при отсутствии сигнала на входе II) запоминает его мгновенное значение и переходит в режим хранения (фиг. 4t). Детектор 30 выполняет одно полупериодичное выпрямление (фиг. 4b). Фильтр 31 осуществляет (фиг. 4r) низкочастотную фильтрацию (0,2-15 Гц), устранив высокочастотную составляющую спектра (80-50 Гц), обусловленную собственной частотой системы шпиндель + оправка.

Узел 32 выделяет переменную составляющую сигнала (фиг. 4s), а узел 33 осуществляет достаточно точное дифференцирование сигнала (фиг. 4e). На выходе диодного ограничителя 36 (фиг. 4x) формируется сигнал, амплитуда которого имеет величину, необходимую для работы с дискретными интегральными микросхемами (ИМС), например, 5 В - "1" для ИМС 155 серии. Формирователь 37 по заднему фронту сигнала выдает короткий импульс заданной длительности (фиг. 4z), 45 необходимый для работы пикового детектора 49 при снижении амплитуды входного сигнала блока 12. Ограничитель 41, как и 36, формирует сигнал для работы дискретных ИМС (фиг. 4i). Формирователь 42 по заднему фронту сигнала ограничителя 41 выдает короткий импульс необходимой длительности (фиг. 4x), который устанавливает RS-триггер 43 в состояние "1" и управляет работой узла 51 (фиг. 4o). На выходе ограничителя 46 формируется сигнал (фиг. 4h) заданной амплитуды:

- (для ИМС 155 серии 5 В) в случае, если входной сигнал блока 12 в текущий момент превышает максимальную амплитуду сигнала на входе блока 12 в предыдущий момент записи в узел 51 (можно сравнить фиг. 4f и 4t). На выходе элемента И 47 формируется сигнал (фиг. 4m), по переднему фронту которого формирователь 48 выдает короткий импульс (фиг. 4n), который устанавливает RS-триггер 43 в состояние "0" (фиг. 4o). На выходе элемента 38 появляется сигнал (фиг. 4n) в случае совпадения "единиц" на его входах. Такое явление происходит при уменьшении максимальной амплитуды входного сигнала блока 12. Фильтр 50 необходим для того, чтобы сгладить выброс, обусловленный работой детектора 49 при уменьшении входного сигнала блока 12 (фиг. 4c). Сигнал с датчика крутящего момента блока 10, пропорциональный тангенциальной составляющей силы резания (крутящему моменту на шпинделе), обрабатывается фильтром 26 блоке 11 (отсекаются шумы, связанные с боем колес коробки скоростей электрическими изводками и т.д.) и масштабируется усилителем 27 блока 11 (фиг. 2) с учетом консольной части системы шпиндель - оправка. С изменением этой системы предельно допустимая величина тангенциальной составляющей силы резания (крутящего момента), обусловленная вибрустойчивостью станка, также изменяется (с выдвижением шпинделя предельно допустимая величина падает, а коэффициент усиления усилителя 27 увеличивается).
- В блоке 6 сигналы, сформированные в блоках 11 и 12, сравниваются с предельно допустимыми значениями M_o , M_{so} и A_o . При превышении амплитудой вибраций А шпиндельного узла в зоне резания или крутящим моментом М на валу шпинделя, или скоростью нарастания Й крутящего момента соответствующих предельных величин на выходе элемента ИЛИ 24 появляется логический сигнал, поступает на логический элемент 14, осуществляющий аварийное торможение привода подачи. Если сигнал с элемента 27 через блок связи 4 поступает в процессор 2 в течение заданного промежутка времени, то процессор 2 через блок 4 связи со

станком выдает сигнал (на второй вход "Задание" блока б контроля) на вывод инструмента из заготовки, тем самым не допуская ухудшения качества обрабатываемого изделия.

Работа логического элемента 14 представлена в таблице.

Входы		Коэффициент передачи логического элемента 14
II	III	
0	0	1
0	1	0
1	0	-1
1	1	-1

После вывода инструмента из заготовки осуществляется процесс смены инструмента. При резании, если амплитуда вибраций А шпиндельного узла в зоне резания, величины крутящего момента М на шпинделе и скорости нарастания крутящего момента М меньше соответствующих предельно допустимых величин A_o , M_o , \dot{M}_o , то информация об амплитуде вибраций А и величине крутящего момента M поступает через аналогово-цифровой преобразователь 5 в процессор 2, где она сравнивается с оптимальными значениями для данной технологической операции, хранящимися в блоке 3 памяти, и осуществляется изменение управляющих сигналов, поступающих на входы приводов 6 и 7 через блок 4 связи со станком с целью оптимизации процесса резания. На вход привода 7 сигнал поступает через блок 6 (это первый вход "Задание"). При превышении сигналом, пропорциональной тангенциальной, составляющей силы резания, оптимальной величины, формируется сигнал, снижающий сигнал "Задание", поступающий на вход привода 7 с учетом ограничения на максимальную величину подачи. Последняя логическая операция осуществляется в процессоре 2 с помощью блока 3 памяти, где хранится значение максимальной подачи для данной технологической операции.

В случае, когда сигнал, пропорциональный максимальной амплитуде вибра-

ций, превышает оптимальную величину, формируется изменение управляющего сигнала на выходе привода 8 с учетом ограничений на скорость резания. Учет

- 5 этих ограничений, значение которых хранятся в блоке 3 памяти УЧПУ 1, выполняется в процессоре 2. Построенный таким образом блок 6 обеспечивает предельное быстродействие, необходимое для защиты элементов системы СПИД на станках с УЧПУ типа CNC.
- 10

Устройство позволяет учитывать изменение консольной части системы шпиндель - оправка, более точно и надежно формировать сигнал, характеризующий амплитуду вибраций режущего инструмента в зоне резания, более точно определять момент поломки инструмента, что в совокупности приводит к повышению качества процесса резания, долговечности инструмента и эффективности защиты элементов системы СПИД.

- 15
- 25 Изобретение может найти применение во всех фрезерно-расточных станках с устройством числового программного управления типа CNC, а также в станках-модулях, построенных на базе станков данной группы.

30 Формула изобретения

1. Устройство для автоматического контроля и управления процессом резания на станках с ЧПУ, содержащее процессор, соединенный каналами обмена информацией с блоком памяти и с блоком связи со станком и подключенным входами к аналогово-цифровому преобразователю, приводам подачи и главного движения органов станка, а также блок измерения составляющих сил резания, включающий в себя датчики радиальной и тангенциальной составляющих сил резания, отличаясь тем, что, с целью расширения функциональных возможностей путем формирования управляющих сигналов с учетом величины выдвижения шпиндельного узла и параметров оправки и повышения точности измерения вибраций в зоне резания, в него введен блок контроля, а также блоки преобразования составляющих сил резания и амплитуды вибрации шпинделя и датчик выдвижения шпинделя, при этом первая группа входов "Задание" блока контроля соединена с выходами блока
- 35
- 40
- 45
- 50

связи со стакком, а вторая группа входов "Текущее состояние" блока контроля соединена с выходами блоков преобразования амплитуды вибрации шинделя и составляющих силы резания соответственно, первые выходы блока контроля соединены с приводом подачи, а второй - с входом блока связи со стакком, первые входы блоков преобразования амплитуды вибраций и составляющих сил резания соединены с выходами блока измерения составляющих сил резания, вторые и третьи входы этих блоков соединены соответственно между собой, а третий входы этих блоков соединены с блоком связи со стакком, выход датчика выдвижения шинделя соединен с первым выходом аналого-цифрового преобразователя и вторыми входами блоков преобразования амплитуды вибраций и составляющих сил резания, кроме того входы "Текущее состояние" блока контроля соединены с вторыми входами аналого-цифрового преобразователя, причем приход главного движения соединен с блоком связи со стакком.

2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что блок преобразования амплитуды вибраций выполнен в виде последовательно соединенных управляемого полосового фильтра, усилителя с регулируемым коэффициентом усиления, детектора, первого фильтра нижних частот, узла выделения переменной составляющей сигнала, узла дифференцирования, первого компаратора нулевого уровня, первого выпрямителя, первого диодного ограничителя и первого формирователя, а также содержит второй компаратор нулевого уровня, третий компаратор нулевого уровня, два выпрямителя, два диодных ограничителя, три формирователя, два элемента И, RS-триггер, амплитудный детектор, второй фильтр нижних частот, узел выборки-хранения, причем выход детектора соединен с первым выходом амплитудного детектора, выход первого формирователя подключен к первому входу первого элемента И, выход которого подключен ко второму входу амплитудного детектора, а выход узла выделения переменной составляющей сигнала через последовательно соединенные второй компаратор нулевого уровня, второй выпрямитель, второй диодный ограничитель и второй форми-

рователь снятан с S-входом RS-триггера, выход которого соединен со вторым входом первого элемента И, кроме того выход первого фильтра нижних частот подключен к первому входу третьего компаратора, выход которого через последовательно соединенные третий выпрямитель, третий диодный ограничитель, второй элемент И и третий формирователь соединен с R-входом RS-триггера, при этом выход второго диодного ограничителя подключен ко второму входу второго элемента И, а выход амплитудного детектора соединен со входом второго фильтра нижних частот, выход которого связан с первым входом узла выборки-хранения и является выходом блока преобразования амплитуды вибраций, выход второго формиратора связан со вторым входом узла выборки-хранения, выход которого соединен со вторым входом третьего компаратора, первый вход по-последовательного управляющего фильтра является первым выходом блока преобразования амплитуды вибраций, вторым и третьим входами которого является второй и третий выходы полосового управляемого фильтра, соединенные соответственно со вторым и третьим выходами усилителя с регулируемым коэффициентом усиления.

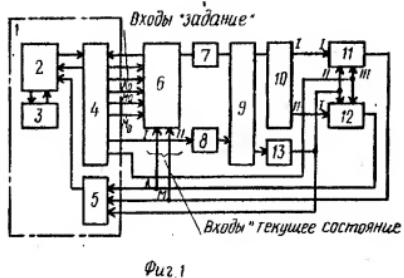
3. Устройство по п.1, отличающееся тем, что блок преобразования составляющих сил резания содержит последовательно соединенные фильтр нижних частот и усилитель с регулируемым коэффициентом усиления, причем вход фильтра нижних частот является первым выходом блока преобразования составляющих сил резания, второй и третий выходы усилителя с регулируемым коэффициентом усиления являются соответственно вторым и третьим выходами блока преобразования составляющих сил резания, выходом которого является выход усилителя с регулируемым коэффициентом усиления.

40 4. Устройство по п.1, отличающееся тем, что блок контроля содержит логический элемент, элемент ИИИ, узел дифференцирования и три группы элементов, каждая из которых состоит из последовательно соединенных элемента сравнения, выпрямителя и диодного ограничителя, выход которого подключен к соответ-

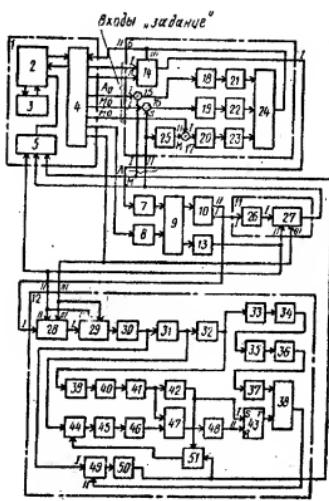
50 55

ствующему входу элемента ИЛИ, первый и второй входы логического элемента являются соответствующими входами первой группы входов блока контроля, выход логического элемента является первым выходом блока контроля, третий вход логического элемента соединен с выходом элемента ИЛИ и является вторым выходом блока контроля, первые входы элементов сравнения

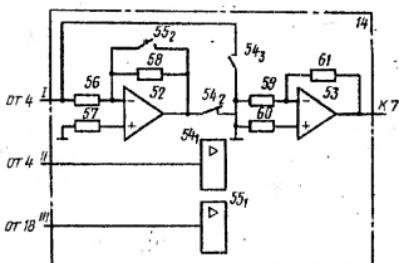
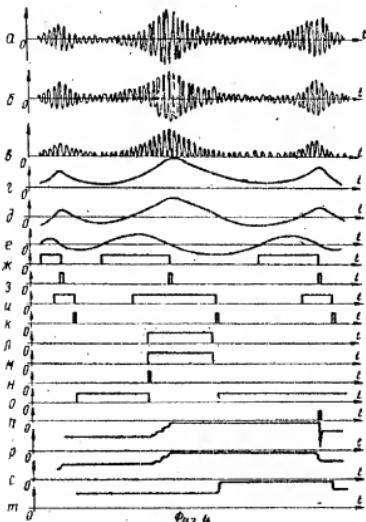
подключены к остальным входам первой группы входов блока контроля, вторые входы первого и второго элементов сравнения соединены с соответствующими входами второй группы входов блока контроля, второй вход второго элемента сравнения подключен через узел дифференцирования ко второму выходу третьего элемента сравнения.



Фиг. 1



Фиг. 2

 $\phi_{u2.3}$ 

Составитель А. Исправникова

Редактор И. Сегляник

Техред Л. Олейник

Корректор А. Обручар

Заказ 2562/51

Тираж 836

Подписанное

ВНИИП Государственного комитета СССР
по делам изобретений и открытий
113035, Москва, ж-35, Раушская наб., д. 6/5

Производственно-полиграфическое предприятие, г. Ужгород, ул. Проектная, 4